요양병원 내 재난 약자 대피 도움장치 화재 대피 시나리오 개발을 위한 피난 시뮬레이션 분석 연구

Analysis of an Evacuation Simulation for the Development of Scenarios for Fire Evacuation Support Devices

최두찬* · 황현수** · 고민혁***

Choi, Doo-Chan*, Hwang, Hyun-Su**, and Ko, Min-Hyeok***

Abstract

In this study, an evacuation simulation was performed to analyze the appropriate number of robots and occupants, which are major parameters required to develop a fire evacuation scenario for an evacuation device. When a horizontal evacuation aid robot was used, the evacuation time decreased and later increased with increasing number of robots. Further, the time determined by the space of the nursing home and the number of occupants. To properly utilize the horizontal evacuation device, it is assumed that the path of the robot is closed and that the fire brigade can enter through the window and stairs.

Key words : Vulnerable Person, AI, Autonomous Driving, Robot, Evacuation

요 지

향후 재난약자 대피 도움장치에 관한 화재 대피 시나리오를 개발하도록 주요 요소인 로봇의 적정대수와 재실자에 대해 분석하고자 피난시뮬레이션을 수행하였다. 수평 대피 도움장치 로봇을 사용하였을 때 대수가 늘어남에 따라 피난 시간이 단축되는 경향을 보이나, 한계점이 있었으며, 요양병원 공간 및 재실자 수로 인해 피난이 지연됨을 알 수 있었다. 수평 대피 도움장치를 적절하게 활용하기 위하여 로봇의 경로가 폐쇄되었을 때 소방대가 진입할 수 있는 진입창 및 계단 등에 경로설정을 가정하여 관제 시스템에서 경로 설정 시 목적지에 대한 종합적인 변수가 고려되어야 할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 재난약자, 인공지능, 자율주행, 로봇, 피난

1. 서 론

1.1 연구 배경

최근 몇 년간 각종 요양병원에서 대형 화재가 발생함에 따라 법적 제도와 규정들이 강화되고 있다. 요양병원의 경우 화재 발생 시 거동불편 환자들이 많아 대형 인명 피해가 발생할 수 있어 이와 관련된 연구가 지속적으로 진행되고 있다.

NFA (2021)에서 요양병원을 언급하고 있으며 미끄럼틀과 경사로, 출입문 구조, 방화구획에 대한 개선책을 제시해 피난 계획을 강화하도록 하고 있다.

Lee (2021)는 요양병원의 피난 시뮬레이션 수행결과 야간 시간은 근무자 수가 줄어들에 따라 피난에 어려움이 있을 것으로 확인하였다. 이처럼 요양병원의 위험성은 남아있으며, 제도적인 측면뿐 아니라 화재 대응 및 구조 방법의 측면에 있어서 개선책이 필요하다.

*교신저자, 평생회원, 한방유비스(주) 대표이사(Tel: +82-2-2023-5000, Fax: +82-2-579-9046, E-mail: cde4111@kfubis.com)

Corresponding Author, Member, Executive Officer, KF UBIS Co., Ltd.

**한방유비스(주) 사장(E-mail: whs3840@kfubis.com)

Chief Executive Officer, KF UBIS Co., Ltd.

***한방유비스(주) 방재연구소 선임연구원(E-mail: kmh4271@kfubis.com)

Senior Researcher, Laboratory, KF UBIS Co., Ltd.

1.2 연구 목적

요양병원에서 대다수 재난약자가 있어 화재 발생 시 환자를 이송하는데 많은 인력과 시간이 소요되어 피난하는데 어려움이 따른다. 이에 대해 재난 약자를 위한 장치를 개발하여 피난하는데 소요되는 물리적인 손실을 줄이고 효율성을 극대화 하고자 하였다.

따라서 피난 요소인 수평 및 수직피난을 고려한 재난약자 대피 도움장치를 개발하였으며, 상용화를 추진하기 앞서 건물의 규모 및 공간에 따라 화재 상황에서 효율적으로 대피하기 위해 시나리오를 개발하고자 하였으며, 공간에 따른 적정대수 및 제실자 등이 피난의 주요 요소로 판단되어 피난 시뮬레이션을 통한 공학적인 분석이 필요할 것으로 판단되었다.

2. 재난약자 대피 도움장치 피난 연구

2.1 재난약자 대피 도움장치 구성

일반적으로 기존에 지어진 요양병원인 경우 자율주행 기반의 병상 침대 로봇을 통해 비상용 승강기, 경사로 등으로 피난할 수 있도록 되어있으며, 추가적으로 Fig. 1과 같이 수직형 탑승기로 침대를 안전한 피난층까지 이송할 수 있게 개발하였다.

Fig. 1. The Procedure of Disaster Vulnerable Personal Evacuation

Fig. 2. Horizontal Evacuation Robot

2.2 재난 약자 대피 도움장치 제작 및 운영

Fig. 2와 같이 수평 대피 도움장치 로봇을 개발하였으며, 관제 시스템에서 목적지를 설정하면 자율주행이 가능하다. 기본적으로 화재 발생 시 수직형 탑승기 까지 목적지를 설정하였으나, 기존 건축물인 경우 수직형 탑승기 설치가 어려워, 비상용 승강기, 계단 등 목적지 설정이 가능 하고 혼잡구역이 예상되면 변경할 수 있도록 알고리즘을 개발하였다. 비상정지 버튼이 탑재되어 위급사항 시 정지할 수 있도록 제작되었다.

3. 피난 시뮬레이션 연구

3.1 시제품 운영에 대한 피난 시뮬레이션 연구

Fig. 3과 같이 수평 대피 도움장치 로봇에 대해 기초적으로 테스트 베드를 수행하며 화재 발생 상황에서 요양병원 내 공간 대비 로봇의 크기, 로봇의 수, 등으로 피난 시 제약이 따를 수 있을 것으로 판단하였다. 따라서 화재 상황별로 피난 시 적용될 시나리오를 작성하기 위하여 Fig. 4처럼 사전에 요양병원에 대한 피난 시뮬레이션을 수행하였으며, 수평 대피 도움장치 로봇의 수, 계단 폐쇄 구간을 설정하였을 때 비교 분석하여 시나리오를 적용하고자 하였다.

3.2 피난 시뮬레이션 수행

국내 소재 요양병원 중 거동 불편환자와 일반인, 의료진

Fig. 3. Test-Bed

Fig. 4. Evacuation Simulation In Nursing Hospital

Fig. 5. Evacuation Simulation Model (Pathfinder)

■ Use All Stairs, robot: 1 unit

■ Use All Stairs, robot: 5 unit

■ Use All Stairs, robot: 10 unit

■ Closed Stair1, robot: 1 unit

■ Closed Stair1, robot: 5 unit

■ Closed Stair1, robot: 10 unit

Fig. 6. Evacuation Simulation Scenario (Pathfinder)

등이 상대적으로 다수 재실하고 있는 곳 장소로 연구하고자 면적이 약 716 m²인 2층 평면도를 선정하였다. 피난 시뮬레이션은 Thunder Head Eng사의 패스파인더(Pathfinder)를 통해 Fig. 5와 같이 피난 시뮬레이션 모델링을 수행하였고 거동 불편 환자에 대한 피난 방식은 화재 상황에서 환자를 이송하는 조력자가 들것을 통해 계단으로 피난시키는 방법과 수평 대피 도움장치 로봇을 통해 병원 침대의 자율주행 기능으로 최종 목적지인 수직 피난 연계 지점에 도착하여 피난층으로 도달하는 방법을 계획하였다.

3.3 피난 시뮬레이션 적용 시나리오

요양병원 공간 내 수평 대피 도움장치 로봇의 적정 대수를 고려하고자 Fig. 6과 같이 집중치료실에 로봇을 1대부터 10대 까지 배치하는 상황을 계획하였고 거동 불편 환자는 총 18명 인 상황으로 계획하였다. 피난 시 요양병원을 고려하여 조력자 4인 1조를 통한 이송과 병목현상을 발생을 가정한 계단1을 폐쇄하는 방법으로 총 20가지의 시나리오를 통한 피난 시뮬레이션을 수행하여 최종 피난 시간과 병목현상에 대한 피난 시간을 종합적으로 비교 분석하고자 하였다.

3.4 피난 시나리오 입력 변수

3.4.1 요양병원 2층 수용인원 구성

요양병원 2층의 세부 용도는 중증 환자를 치료할 수 있는

Table 1. Number of Occupant (Use)

Classify	Number
Intensive Care Unit	18
Assistant	8
The Other	48 (Office: 9.3 m ² /Person)
Total	74

Table 2. The Selection of Speed

Classify	Speed (m/s)
Stretcher (Assistant: 8 person)	1.09 ± 0.08
Horizontal Evacuation Robot	1.0
The Other	1.0

Table 3. The Selection of Speed

Scenario			
Use All Stairs		Closed Stair 1	
The Unit of Robot	Time (s)	The Unit of Robot	Time (s)
1	454.5	1	507.5
2	429	2	490
3	399	3	487.5
4	365.5	4	434.3
5	374.8	5	400.8
6	331.8	6	398.3
7	324.3	7	364.8
8	308	8	364
9	356.5	9	409.3
10	390.3	10	464

집중치료실과 진료실 및 회의실 등의 업무시설들이 있으며, Table 1과 같이 집중치료실에서 침대를 운반하거나 수평 대피 도움장치 로봇으로 피난하는 방식을 계획하였다. 조력자는 8명으로 설정하였다.

3.4.2 보행 속도

보행 속도는 거동이 불편한 환자를 대피시키기 위한 연구 Hunt et al. (2015)에서 분석한 수치를 적용하여 수평 대피 도움장치를 제작하였을 때 계획했던 속도인 1.0 m/s와 조력자가 들것을 운반하는 것을 가정한 속도로 Table 2와 같이 1.09 ± 0.08 m/s를 설정하였다.

3.5 결과

피난 시뮬레이션 수행결과, 수평 대피 도움장치 로봇을

Fig. 7. The Result of Simulation

사용하였을 때 대수가 늘어남에 따라 피난 시간이 단축되는 경향을 보이며, Table 3과 같이 8대인 경우 최대로 피난 시간이 단축되는 것으로 확인되었다(전체계단 사용: 308초, 계단1 폐쇄: 364초). 로봇의 대수가 9대 이상 늘어나게 되면 8대를 배치하였을 때보다 피난 시간이 지연됨을 알 수 있었다.

피난 시뮬레이션에서 도움장치 로봇이 8대인 경우 도움장치 로봇 피난 시간과 조력자에 의한 피난 시간이 거의 동시에 완료되어 시간이 단축되는 것을 알 수 있었다. Fig. 7과 같이 계단1을 폐쇄하는 경우 전체계단을 사용하는 경우보다 전반적으로 10% 이상 지연이 되는 것을 확인하였다.

4. 결론

인공지능 기반의 자율주행형 재난약자 대피 도움장치를 개발하여 요양병원에 적용하기 위한 사전 테스트 베드 수행을 진행해왔다. 이에 따라 상용화를 위한 운영방안에 대해서 다수의 시나리오가 개발되어야 한다는 것을 판단하게 되었으며, 테스트 베드 수행 시 수평 대피 도움장치 로봇에 대한 주요 변수들을 확인하였다. 피난 시뮬레이션을 통해 로봇의 대수, 병목현상을 고려한 시나리오를 토대로 최종 피난 시간을 확인하였으며, 로봇의 대수가 증가함에 따라 피난 시간을 단축되는 경향이 있었으나, 한계선이 있으며, 요양병원 공간 및 재실자 수로 인해 피난이 지연됨을 알 수 있었다. 아울러 병목현상을 고려하여 계단을 폐쇄함에 따라 피난 시간이 전체적으로 약 10% 지연됨을 확인하였다. 대수가 일정부분에서 증감함에 따라 Count Flow 현상과 더불어 수평 대피 도움장치 로봇 대수에 대비하여 수직으로 연계되는 시간이 지연되면서 최종 피난 시간이 지연되는 것으로 판단되며, 병목현상이 발생하는 상황은 로봇을 운영하는 관제시스템에서 목적지를 변경하는 등 화재 대피 시나리오에 반영될 것으로 판단된다. 따라서 수평 대피 도움장치를 적절하게 활용하기 위하여 기존 피난 경로가 폐쇄되었을 때 소방대가 진입할 수 있는 진입창 및 계단 등에 목적지를 변경하는 것을 가정하여 관제 시스템에서 경로 설정 시목적지에 대한

종합적인 변수가 고려되어야 할 것으로 보이며 최종적으로
시제품 상용화에 기여할 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 행정안전부 국민수요 맞춤형 생활 안전 연구개발
사업의 이 논문은 행정안전부 국민수요 맞춤형 생활 안전 연구
개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2020-MOIS51-005).

References

Hunt, A., Galea, E.R., and Lawrence, P.J. (2015). An analysis
and numerical simulation of the performance of
trained hospital staff using movement assist devices

to evacuate people with reduced mobility. *Fire and
Materials*, Vol. 39, No. 4, pp. 407-429.

Lee, H.S. (2021). *A study on the estimation of proper workers
and optimization of patient floor placements in nursing
hospital for improving evacuation safety*. Master's
thesis, University of Woosuk, Wanju, Korea, pp. 68-69.

NFA. (2021). *Standard guidelines for deliberation by the
building committee*, pp. 30-31.

Received	December 9, 2021
Revised	December 13, 2021
Accepted	December 27, 2021